



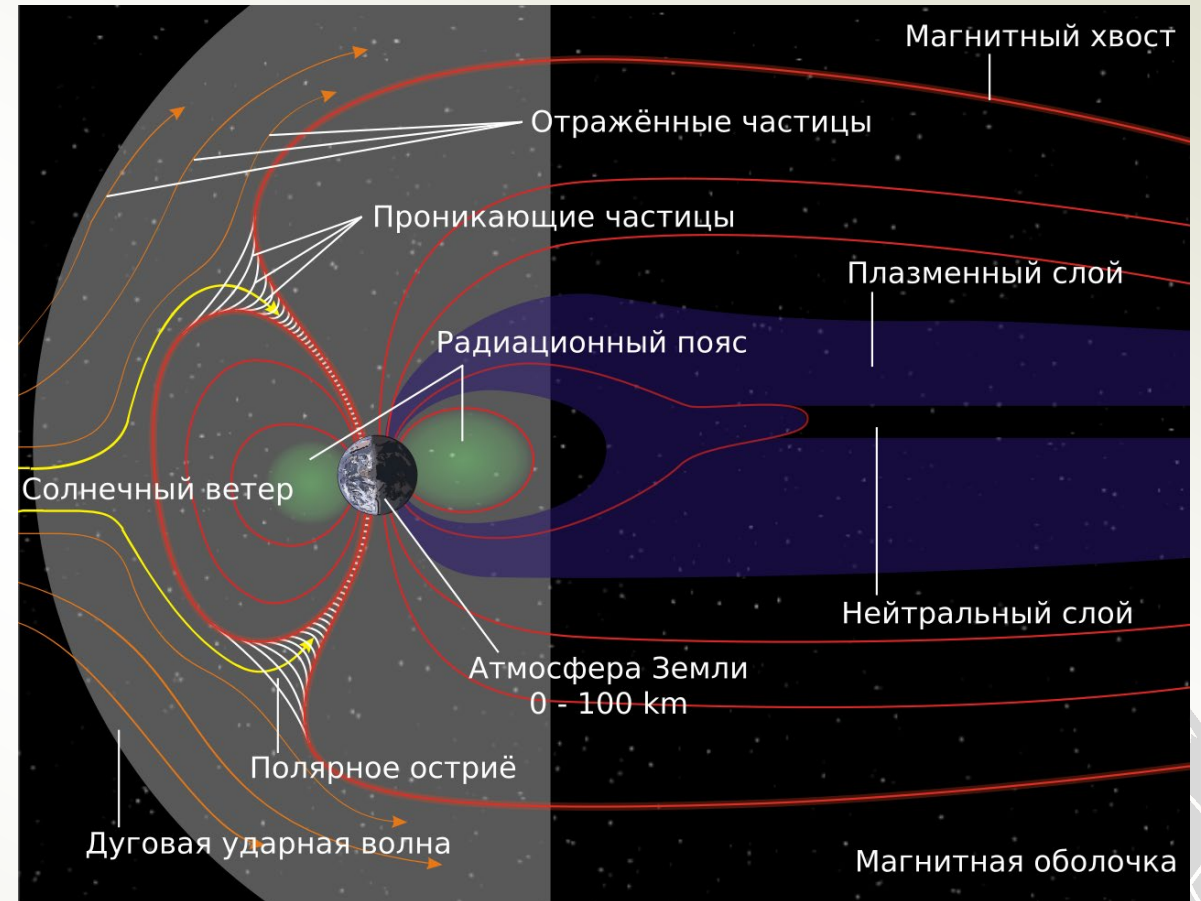
Моделирование токовых структур полярной ионосферы по данным наземных и спутниковых наблюдений

*Д.В. Кудин (ГЦ РАН),
Чл.-кор. РАН А.А. Соловьев (ГЦ РАН),
М.И. Нанов (ГЦ РАН),
Р.И. Красноперов (ГЦ РАН)*

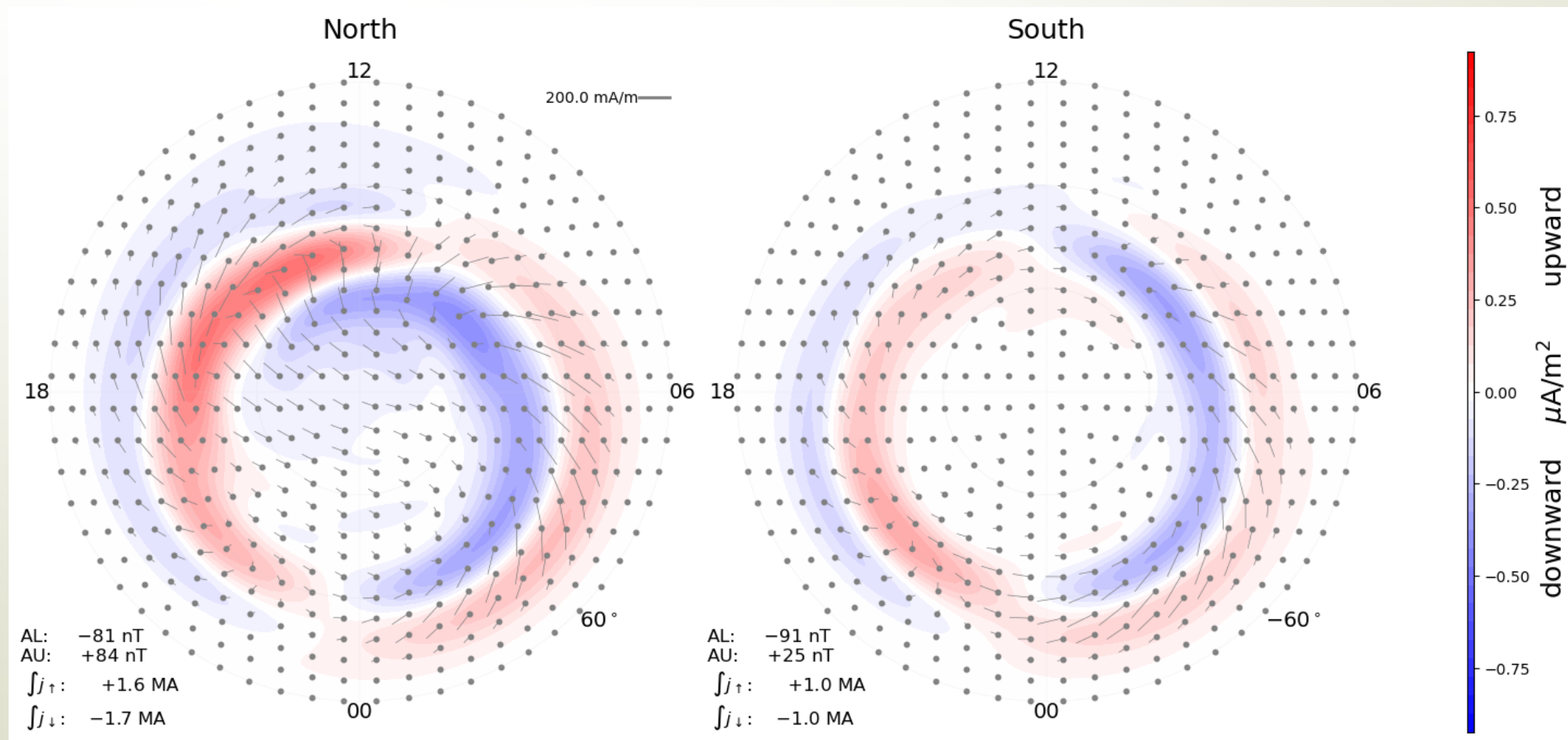
Источники вариаций магнитного поля

Основные источники магнитного поля /
Main sources of magnetic field

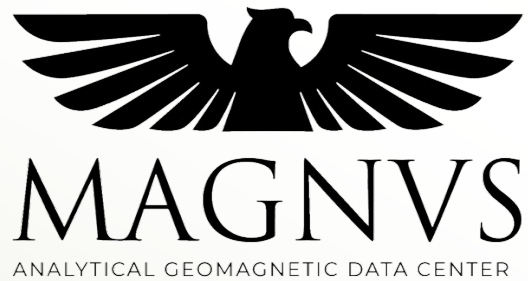
Источник магнитного поля	Амплитуда, нТл	Период изменения	Описание
<i>Внутренние (главное и аномальное поле)</i>			
Ядро	50 000	Годы	Модели главного поля
Литосфера	100–1 000	Века	Карты аномального поля, модели высокого разрешения
<i>Внешние (поле внешних возмущений)</i>			
Внешние возмущения (высокоширотные эффекты)	>1 000	Часы и дни	-
Внешние возмущения (среднеширотные эффекты)	10–200	Часы и дни	Модели ионосферного поля



Ионосферные токи



АПК МАГНУС

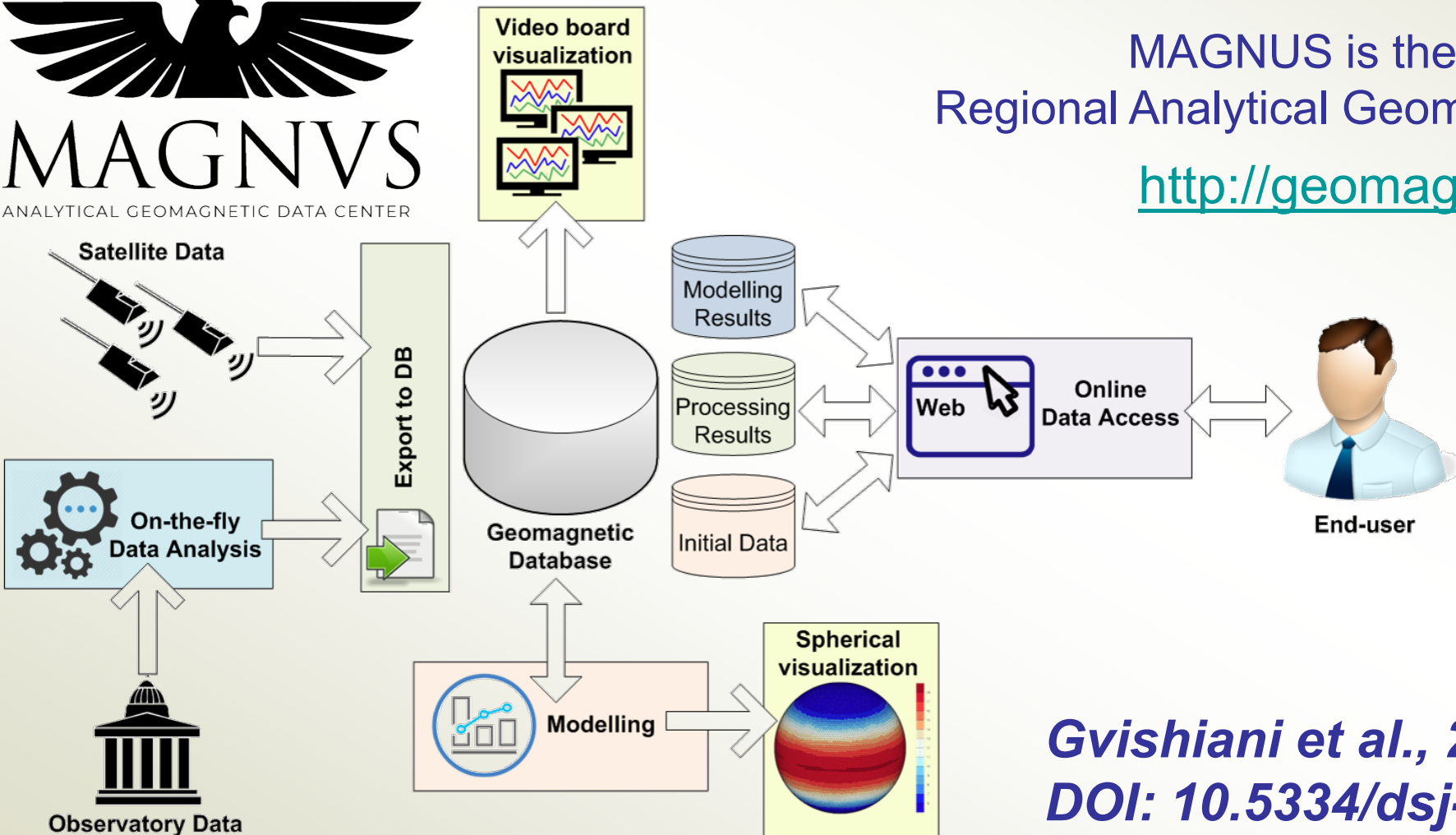


MAGNUS is the core of the
Regional Analytical Geomagnetic Data Center

<http://geomag.gcras.ru/>

Monitoring and
Analysis of
Geomagnetic
Anomalies in
Unified
System

Gvishiani et al., 2016
DOI: 10.5334/dsj-2016-018



Онлайн-доступ к исходным данным и сервисам

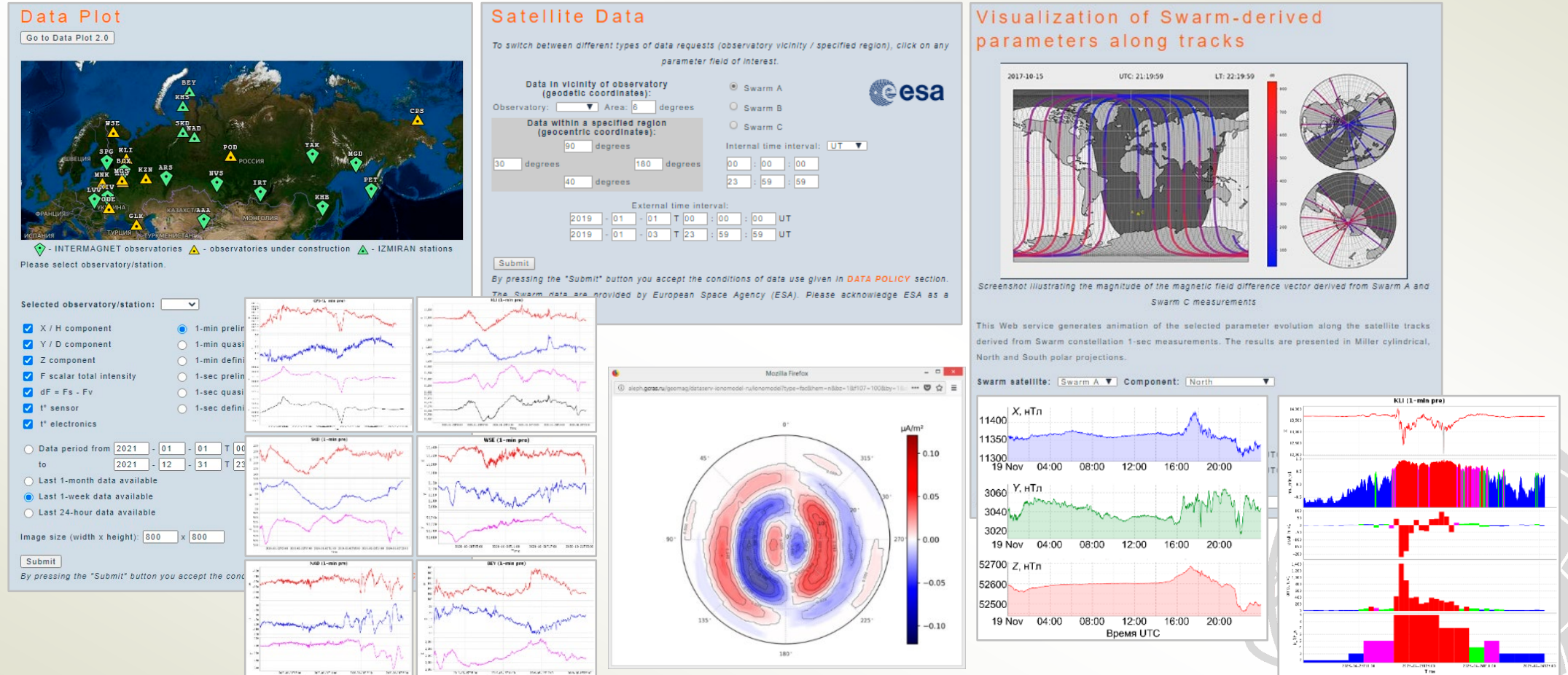


<http://mag.gcras.ru>

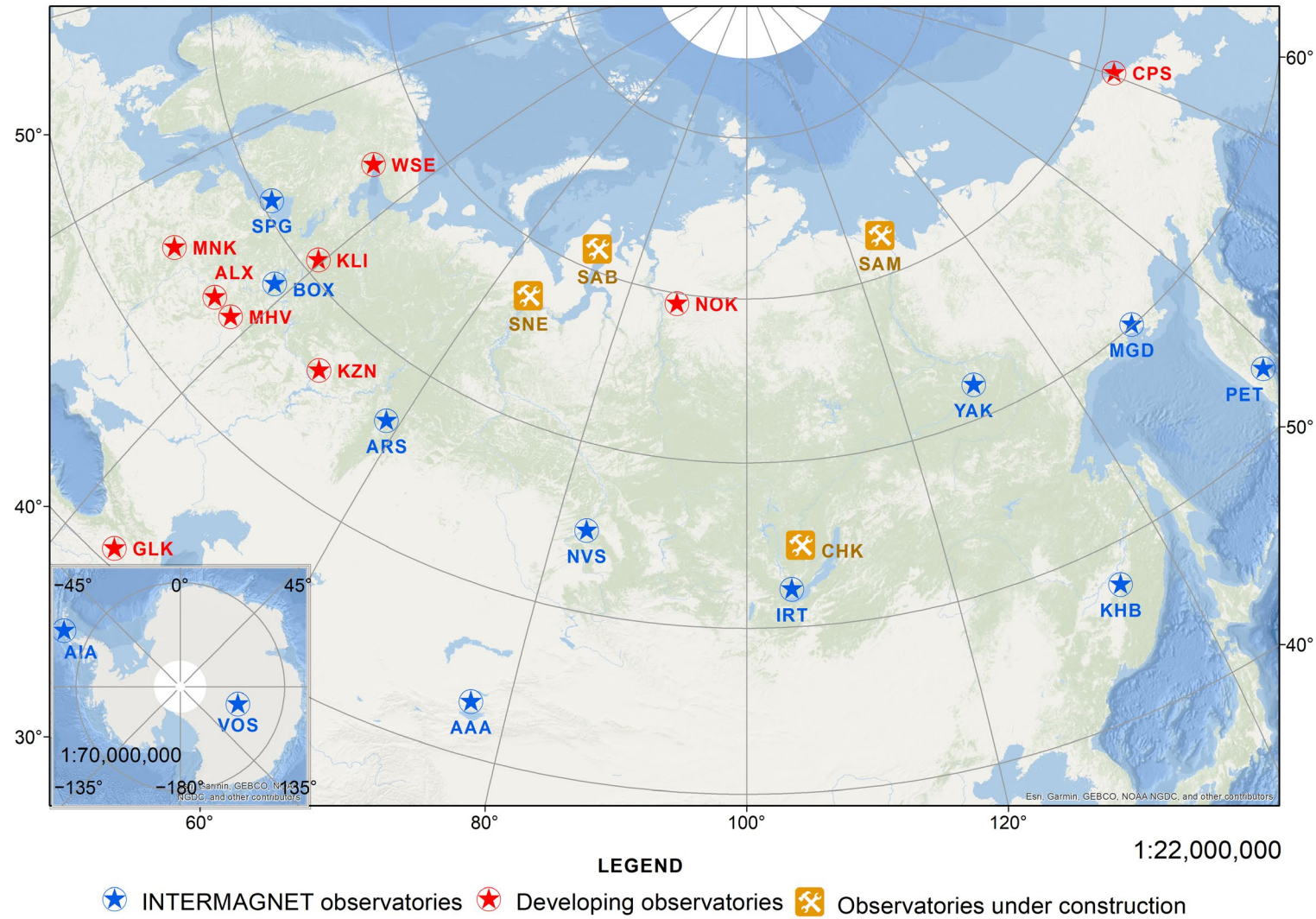
Gvishiani et al., DSJ 2016, RJES 2018



ЦКП "Аналитический центр
геомагнитных данных"



Сеть обсерваторий, предоставляющих данные в ГЦ РАН



RUSSIA:

16 observatories:

10 INTERMAGNET certified, including:

- **1 Antarctic observatory Vostok (VOS)**

ARMENIA:

1 observatory

BELARUS:

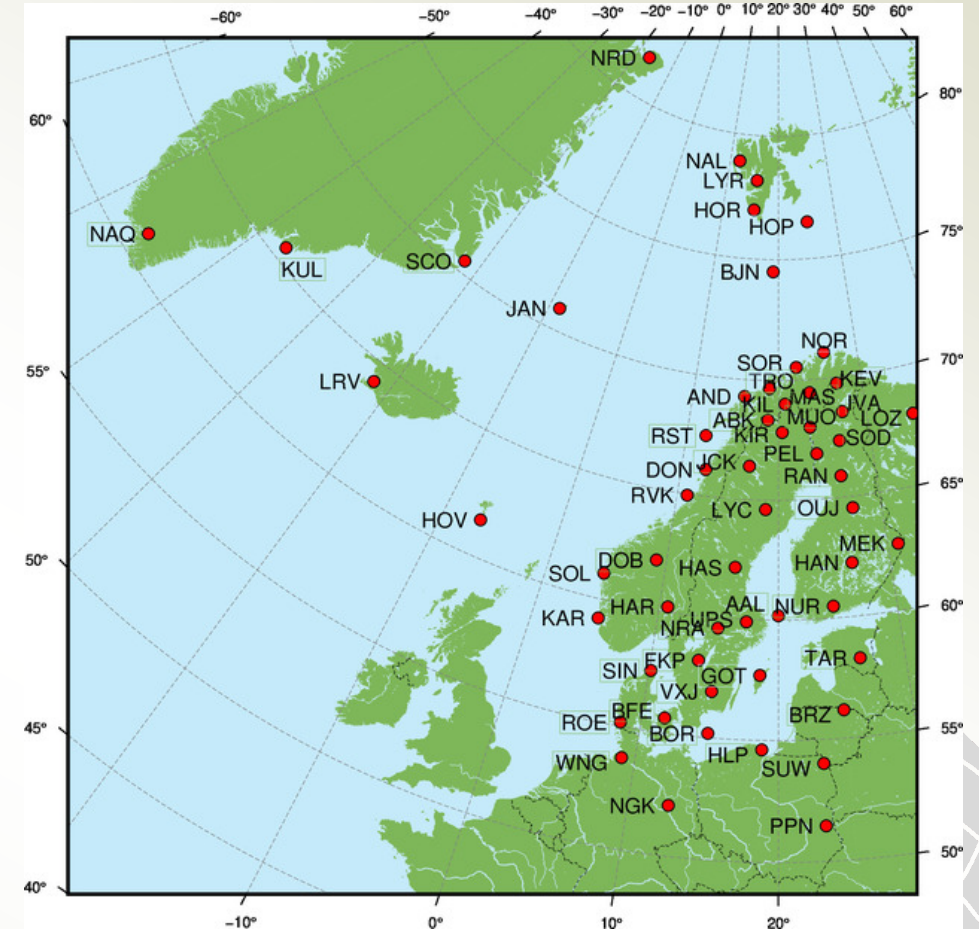
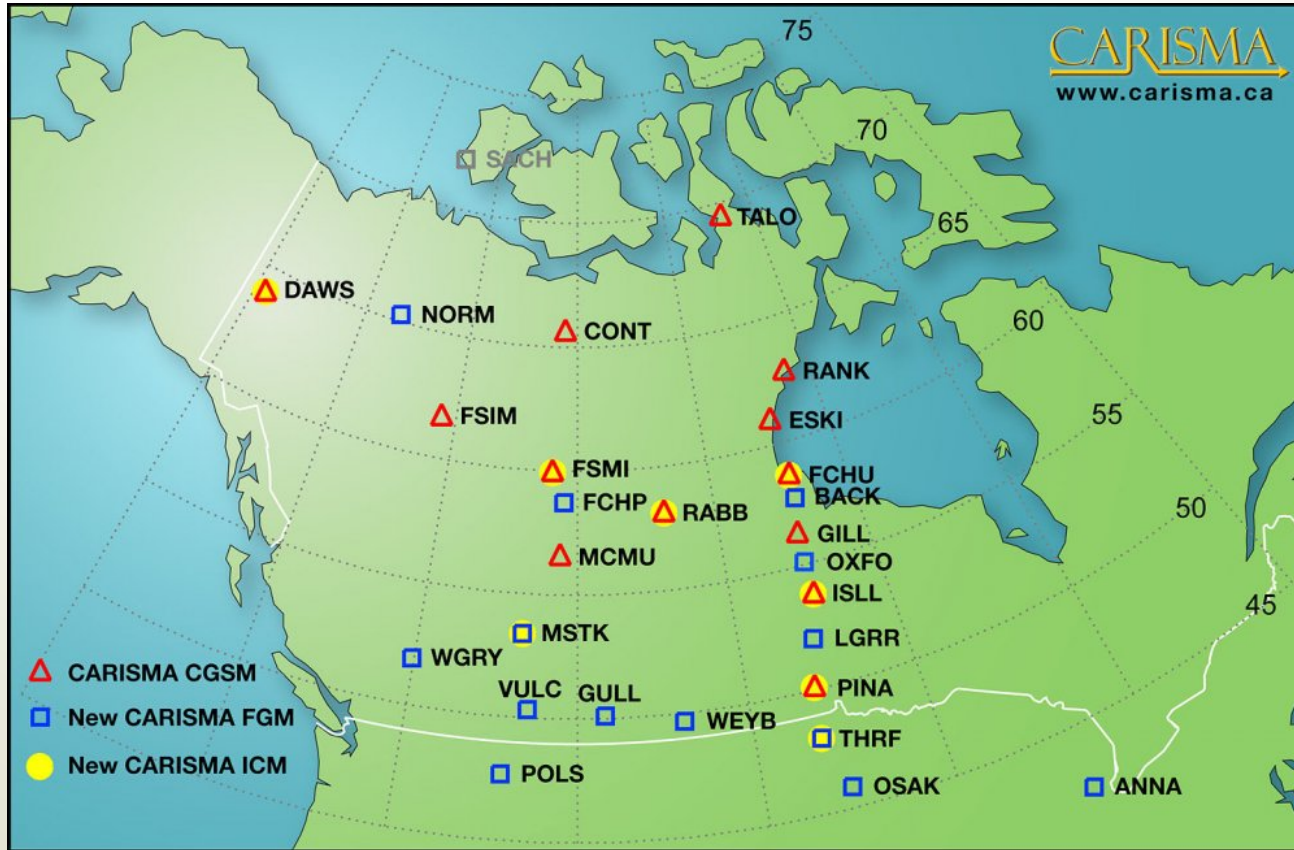
1 observatory

KAZAKHSTAN:

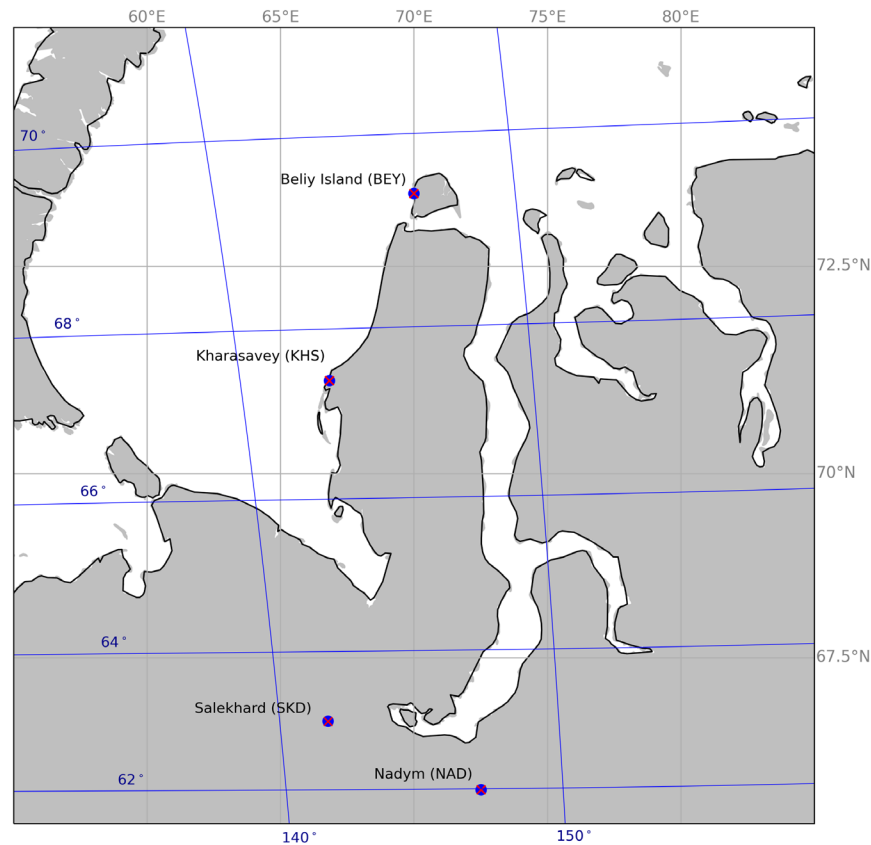
1 INTERMAGNET certified*



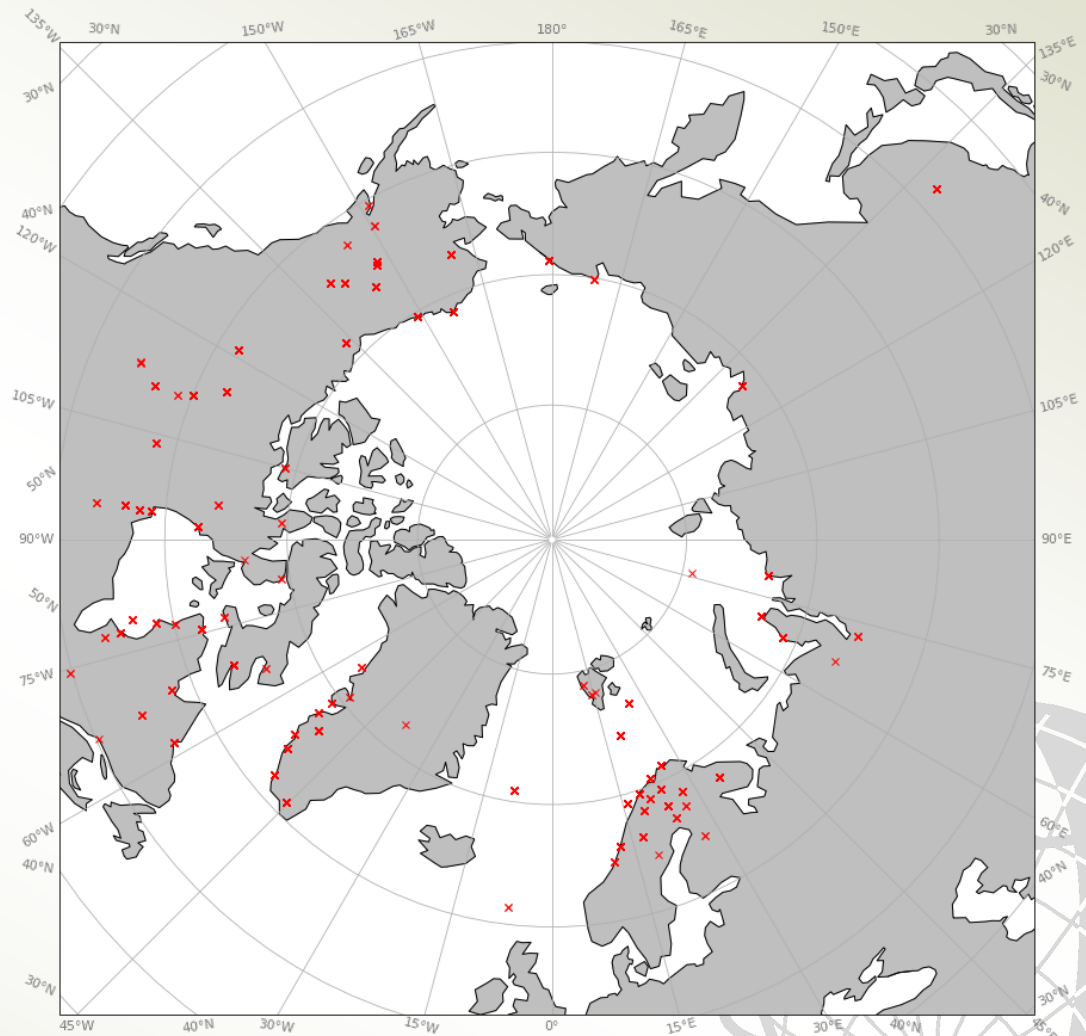
Сети магнитных обсерваторий и станций



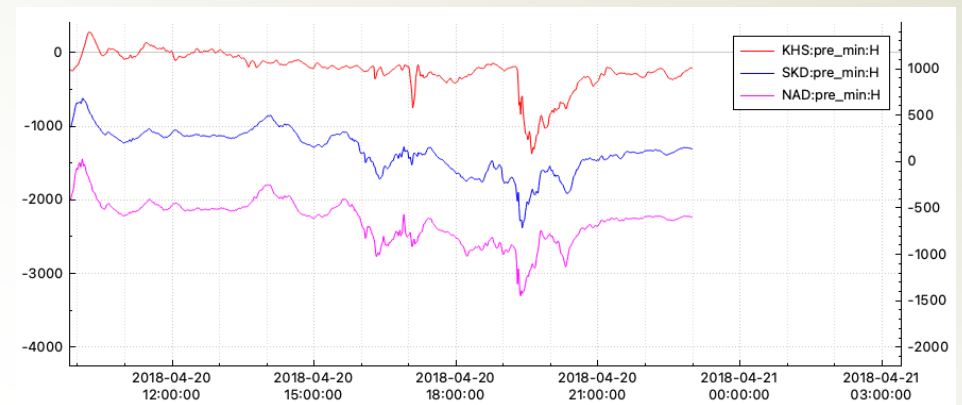
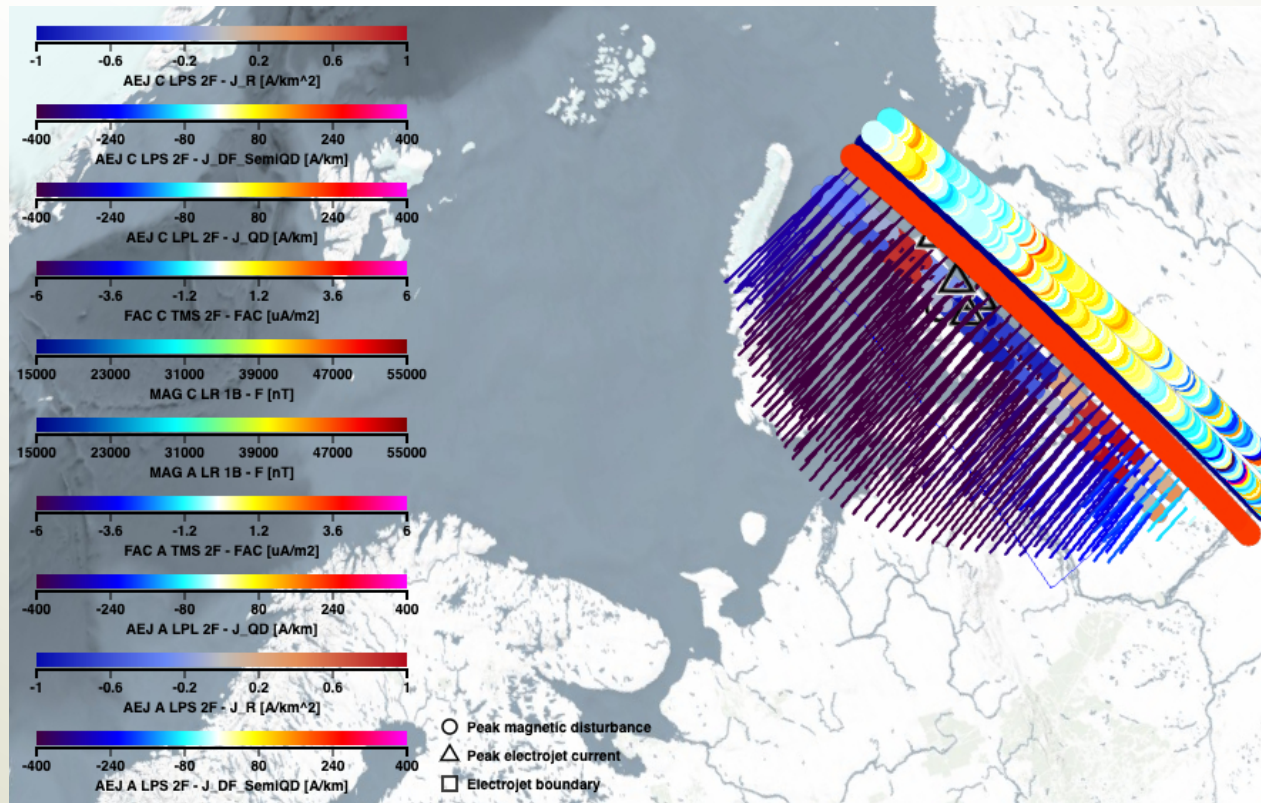
Сеть в Арктике



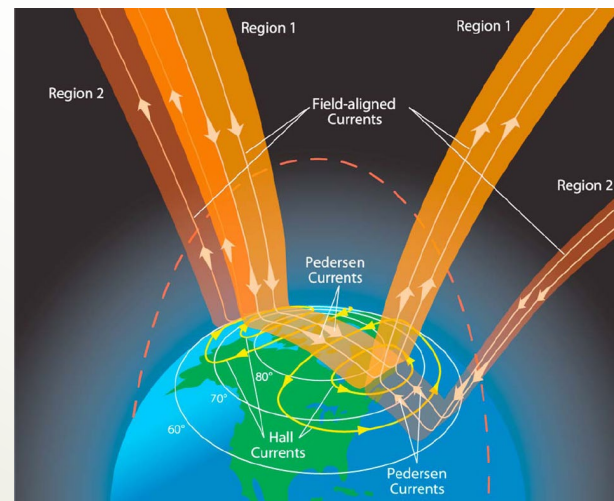
Цепочка станций ИЗМИРАН (2013-2022 гг.)



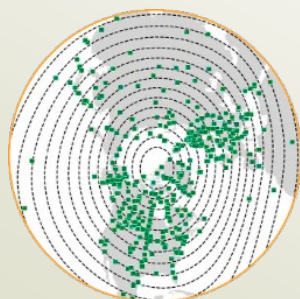
Орбита над станциями



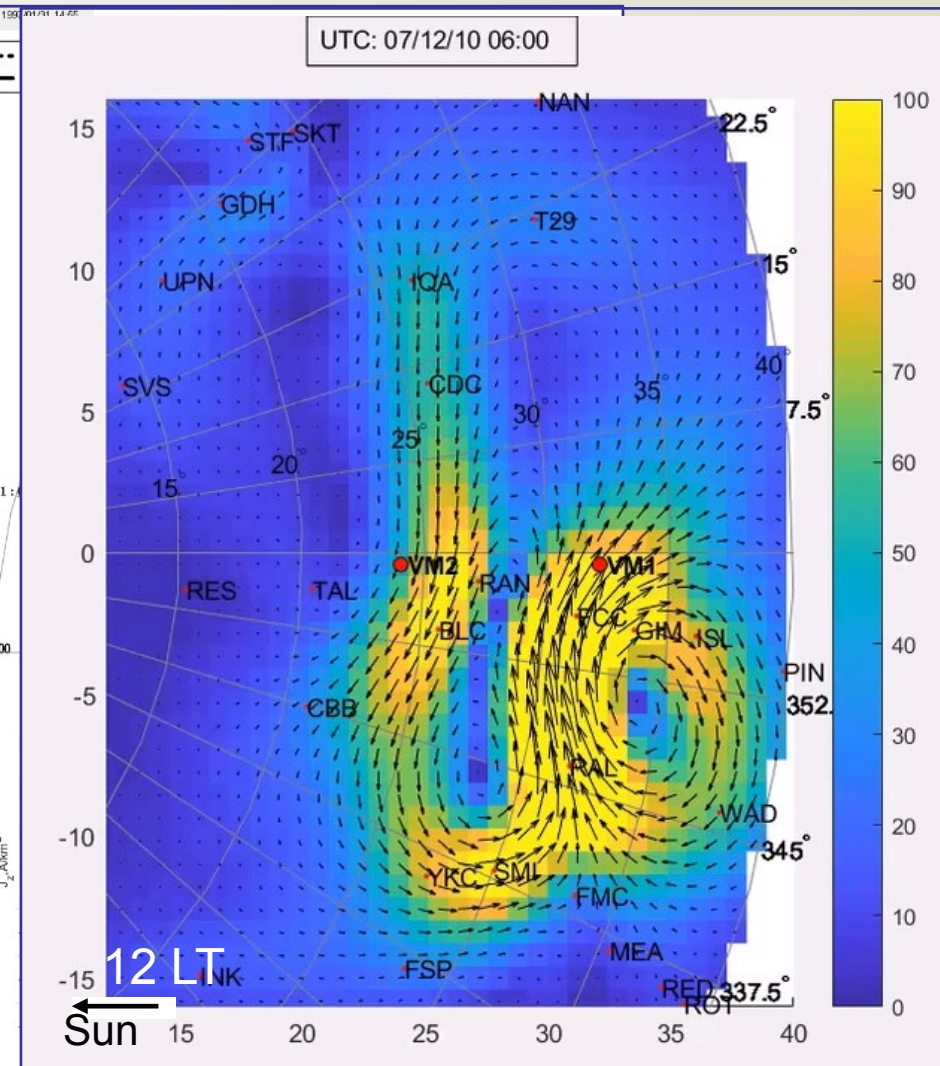
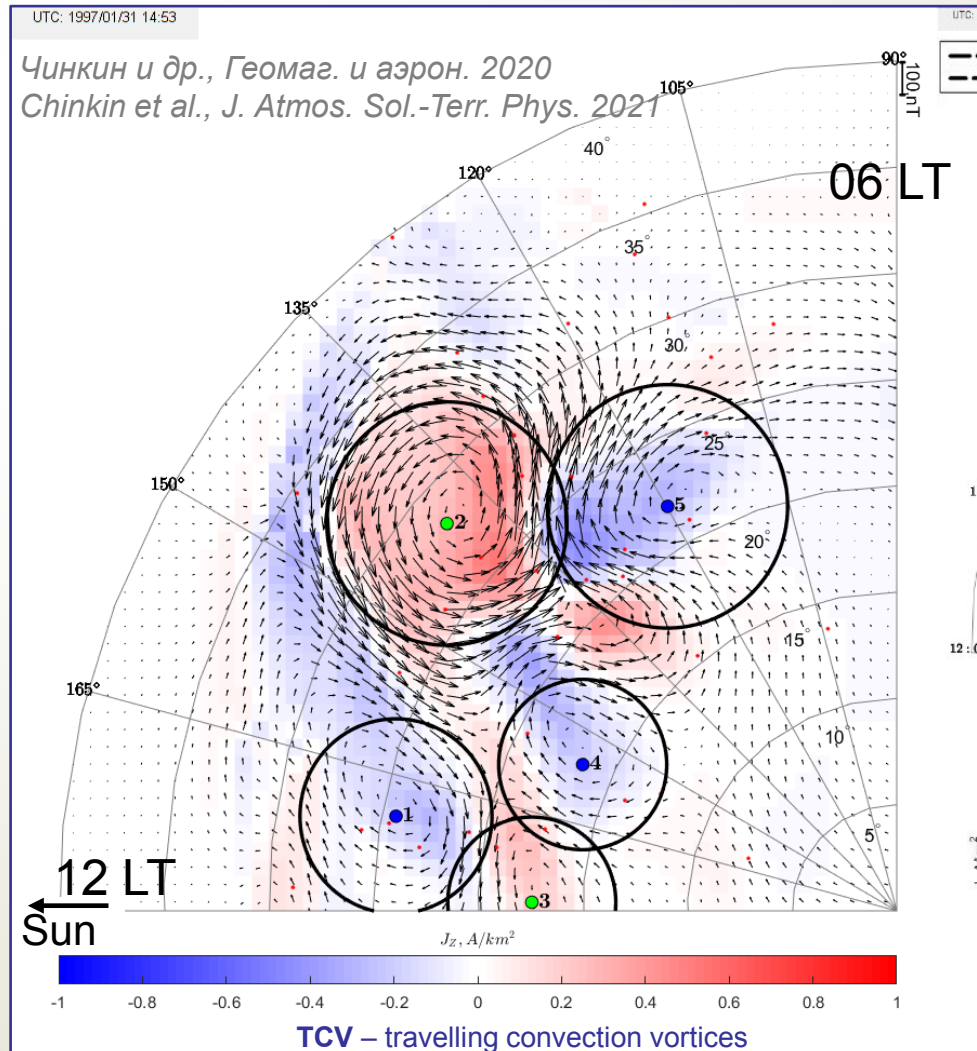
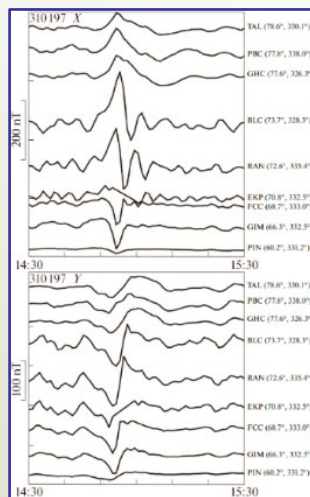
Распознавание вихревых токовых структур в полярной ионосфере



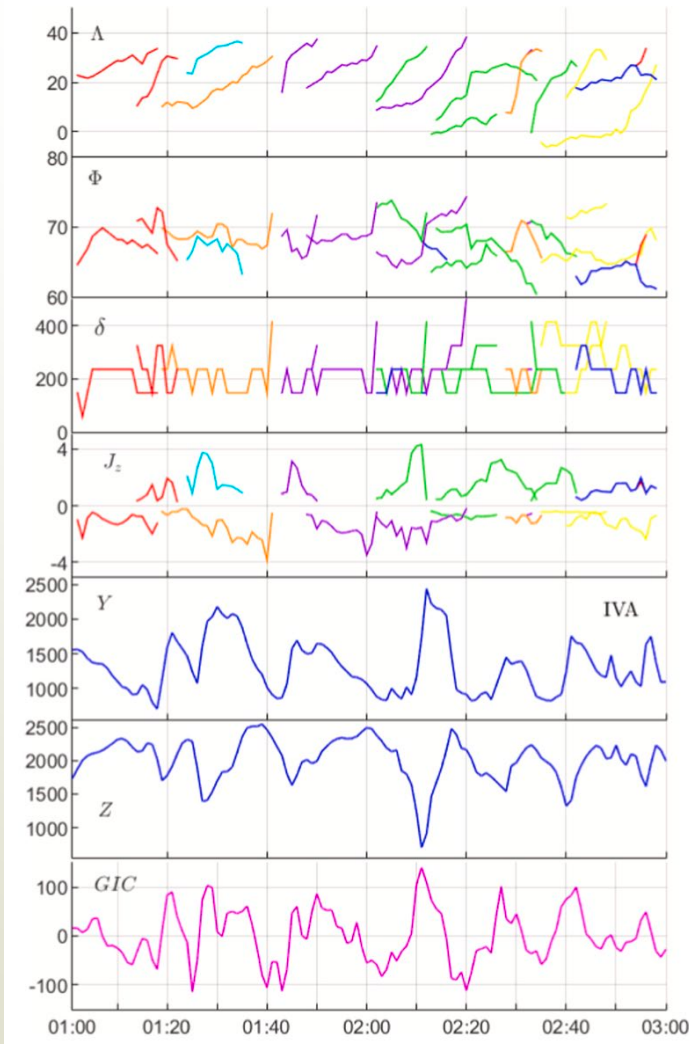
Станции SuperMAG



Rodríguez-Zuluaga et al., Space Weather 2024



Связь с геоиндуцированными токами (ГИТ)

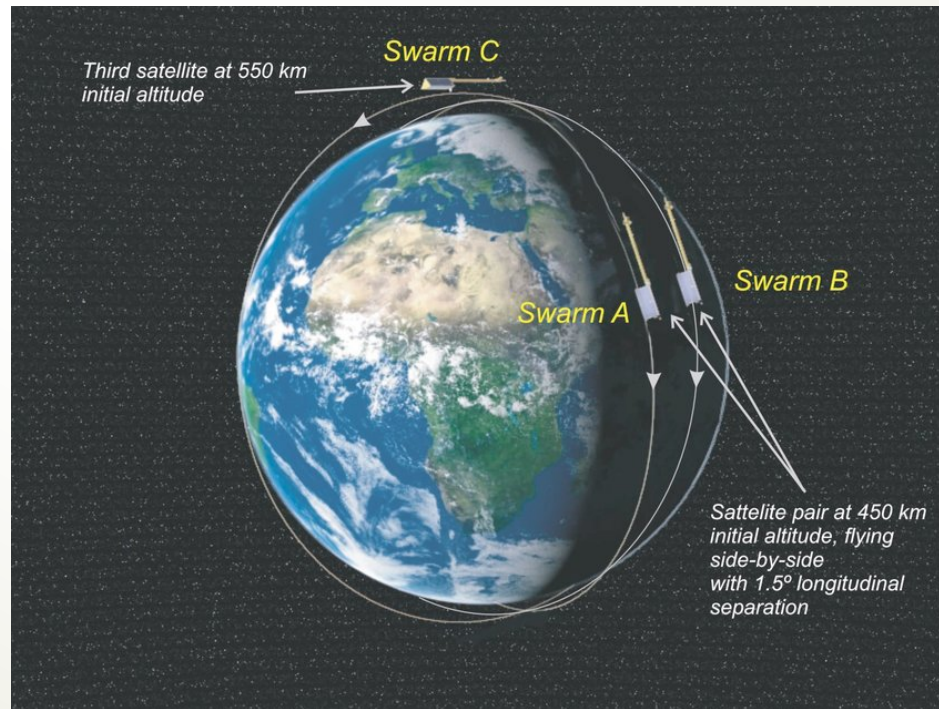
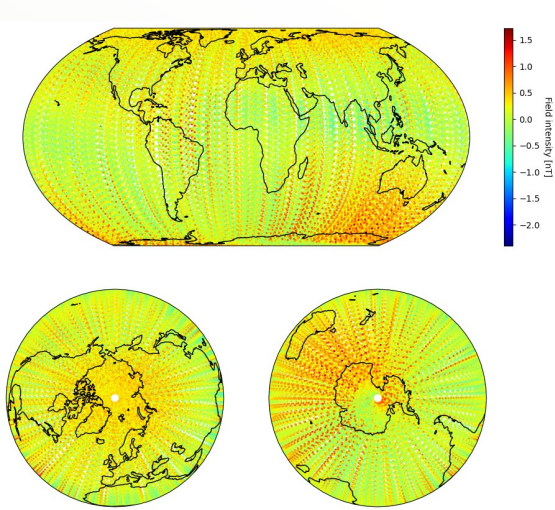


Динамические параметры каждого распознанного вихря (указаны разными цветами) за интервал времени с 01 до 03 UT 29 июня 2013 г. (сверху вниз): географическая широта Φ и долгота Λ центров вихрей, радиальный масштаб δ [км] и плотность тока вдоль силовых линий поля J_z [А/км²] в центре вихря. На следующих двух панелях показаны изменения компонент Y [нТл] и Z [нТл] геомагнитного поля на станции IVA.

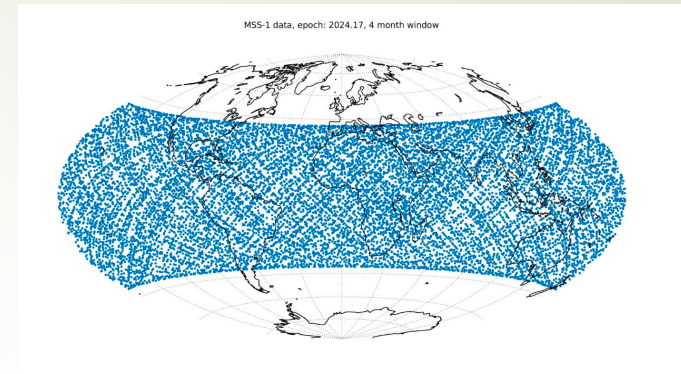
На нижней панели показан геомагнитный ток [А], зарегистрированный в трансформаторе на станции VKH.



Низкоорбитальные спутниковые миссии



Спутники SWARM (2013 - ...) – 420-550 км

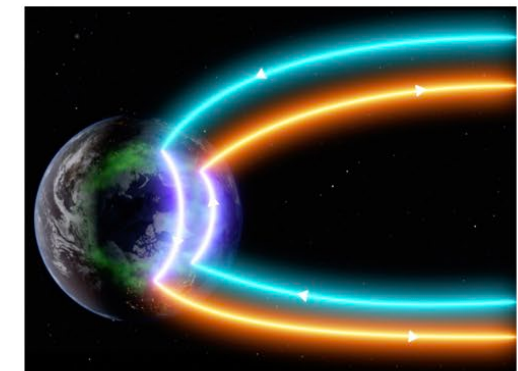
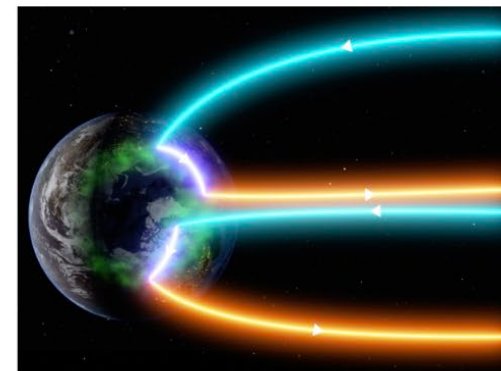
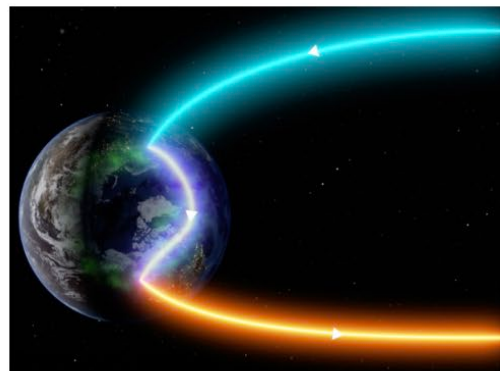
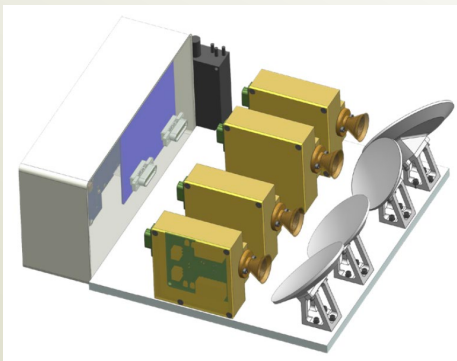
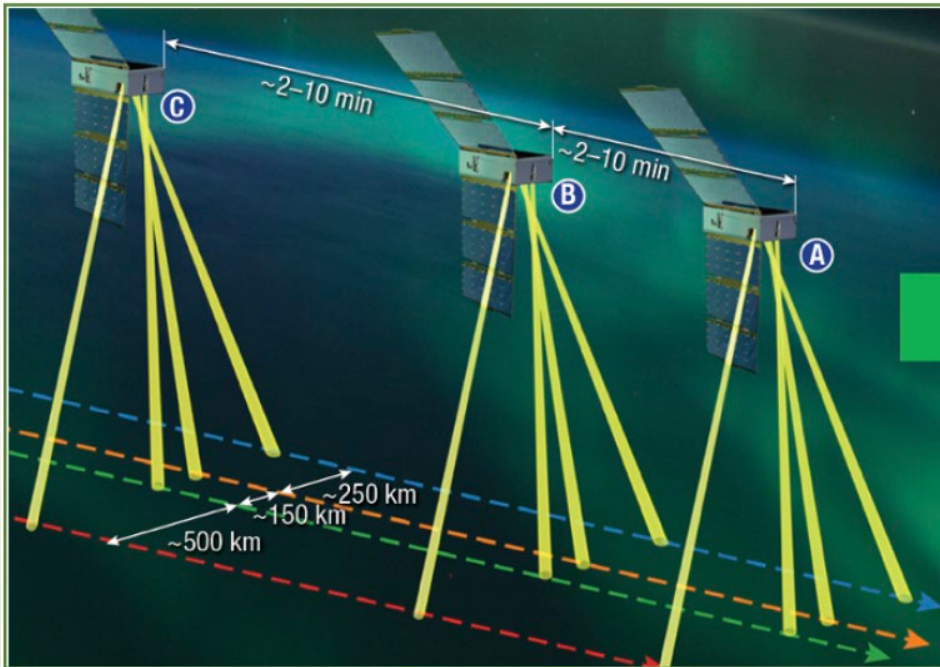


Macau Science Satellite MSS1
(2024-...) – 420-500 км



Electrojet Zeeman Imaging Explorer (EZIE)

- Миссия запущена в 2025 году
- Три спутника
- Солнечно-синхронная низкая орбита (420–590 км)
- Каждый CubeSat оснащен прибором MEM Лаборатории реактивного движения (JPL), который измеряет Зеемановское расщепление линии излучения кислорода на частоте 118 ГГц, чтобы определить силу и динамику полярных сияний с электроджетами



Выводы

- Одной из наиболее сложных задач при прогнозировании проявлений космической погоды в высоких широтах является моделирование токовых структур полярной ионосферы
- Несмотря на увеличение числа низкоорбитальных магнитометрических миссий исследование регионального пространственного распределения токов возможно только по данным наземных магнитометров
- При достаточной плотности обсерваторий и станций возможно моделирование в реальном времени вихревых структур в ионосфере, связанных с возникновением сильных геомагнитно-индуцированных токов в ЛЭП и протяженных проводящих объектах (трубопроводы, ж/д пути)
- Применение новых методов дистанционного спутникового зондирования авроральной зоны (EZIE) могут дать уникальные данные о морфологии и эволюции крупномасштабных токовых систем магнитосферы

